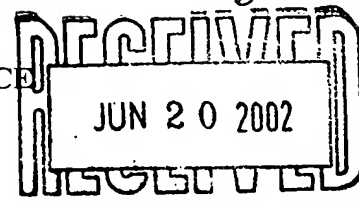


Docket No. 216465US8/btm



288/44  
6-21-02



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Tsuyoshi WAKISAKA, et al.

GAU: 2881

SERIAL NO: 10/092,512

EXAMINER:

FILED: March 8, 2002

FOR: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE WITH A DIFFRACTION GRATING AND SEMICONDUCTOR LASER MODULE

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2001-285810	September 19, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(c) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

RECEIVED  
JUN - 3 2002  
TC 2800 MAIL ROOM

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Bradley D. Lytle  
Registration No. 40,073

Joseph A. Scafetta, Jr.  
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)



10/092,512  
PFEA-01042-US

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 9月19日

出願番号

Application Number:

特願2001-285810

出願人

Applicant(s):

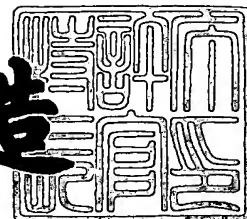
古河電気工業株式会社

RECEIVED  
JUN-3 2002  
TC 2800 MAIL ROOM

2001年12月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3109829

【書類名】 特許願

【整理番号】 A10129

【提出日】 平成13年 9月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00  
H01S 3/18  
H04B 10/16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 脇坂 剛

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 吉田 順自

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置および半導体レーザモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の取付台と、

熱伝導率が  $500\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  以上のヒートシンクで形成され、前記第 1 の取付台の上に取り付けられる第 2 の取付台と、

金薄膜を含む多層膜を介して前記第 2 の取付台の上に接合され、レーザ光の出射端面と反射端面との間であってかつ活性層の近傍に形成された回折格子の波長選択特性によって、所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子と、

を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 第 1 の取付台と、

ダイヤモンドで形成され、前記第 1 の取付台の上に取り付けられる第 2 の取付台と、

金薄膜を含む多層膜を介して前記第 2 の取付台の上に接合され、レーザ光の出射端面と反射端面との間であってかつ活性層の近傍に形成された回折格子の波長選択特性によって、所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子と、

を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記第 1 の取付台の上に取り付けられる第 3 の取付台と、

金薄膜を含む多層膜を介して前記第 3 の取付台の上に接合され、前記半導体レーザ素子の駆動温度を計測する温度測定素子と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 金薄膜を含む多層膜を介して前記第 1 の取付台の上に接合され、前記半導体レーザ素子の駆動温度を計測する温度測定素子を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 金薄膜を含む多層膜を介して前記第 2 の取付台の上に接合され、前記半導体レーザ素子の駆動温度を計測する温度測定素子を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記第 2 の取付台は、前記半導体レーザ素子が接合された状態において熱抵抗値が最小となるサイズであることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記第 2 の取付台は、前記半導体レーザ素子が接合された状態において最小となる熱抵抗値の 1. 0 ～ 1. 2 倍の熱抵抗値を有するサイズであることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記第 2 の取付台は、少なくとも前記半導体レーザ素子の底面全体が接合されるだけの幅および長さを有することを特徴とする請求項 6 または 7 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置と、  
前記温度測定素子から出力された温度をもとに前記半導体レーザ素子の温度を制御する温度制御素子と、

前記温度制御素子上に取り付けられる第 4 の取付台と、  
を備え、

前記半導体レーザ装置は、前記第 4 の取付台の上に取り付けられ、当該第 4 の取付台を介して前記半導体レーザ素子が温度制御されることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 1 0】 前記半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を外部に導波する光ファイバと、

前記半導体レーザ装置と前記光ファイバとの光結合を行なう光結合レンズ系と

を備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 1 1】 前記光結合レンズ系内に配置され、前記光ファイバ側からの反射戻り光の入射を抑制するアイソレータを備えたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子を具備

した半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年のインターネットの急速な普及や企業内LAN間接続の急増等により、単なる通信発呼数の増加だけでなく、伝送されるコンテンツデータの大容量化に伴って、データトラヒックの増加が問題となっている。そこで、この問題による通信パフォーマンスの低下を防止するために、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)システムがめざましい発展を遂げ普及している。

【0003】

このWDMシステムでは、複数の光信号をそれぞれ異なる波長に乗せることにより1本のファイバで従来の100倍にも及ぶ大容量伝送を実現している。特に既存のWDMシステムは、エルビウム添加ファイバアンプ(以下、EDFA)やラマンアンプを用いた光増幅を行なうことで、広帯域・長距離伝送を可能としている。ここで、EDFAは、エルビウムという元素を添加した特殊な光ファイバに波長1480nm、あるいは波長980nmの励起レーザで通光した際に、伝送信号である波長1550nm帯の光が上記特殊ファイバの中で増幅されるという原理を応用した集中型光ファイバ増幅器である。一方、ラマンアンプとは、すでに敷設されている光ファイバを増幅媒体とし、信号光をそのまま増幅させることが可能なアンプであり、誘導ラマン散乱を利用した分布型光ファイバ増幅器である。

【0004】

よって、WDMシステムにおいては、光信号そのものを生成する信号用光源のみならず、上記した光ファイバ増幅器に使用される励起用光源についても、高精度な発振制御と高出力動作とを実現させる必要がある。特に、これら高精度な発振制御や高出力動作を阻害する大きな要因として、電流注入による半導体レーザ素子の発熱が知られており、半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置には種々の放熱対策が施されている。

【0005】

例えば、従来の半導体レーザ装置は、レーザ光を出力する半導体レーザ素子の

近傍に、その半導体レーザ素子の温度を測定するサーミスタを設け、ペルチェ素子などの電熱素子によって、半導体レーザ素子の温度制御が行なわれ、発振波長の不安定化や半導体レーザ素子の熱飽和を防止するようにしていた。

## 【 0 0 0 6 】

図 1 8 は、従来の半導体レーザ装置の概要構成を示す正面図である。図 1 8 に示す半導体レーザ装置は、CuWで形成されたキャリア101上に、絶縁性および高熱伝導率をもつAlNで形成されたサブマウント102が設けられ、このサブマウント102上に、所定波長のレーザ光を出力する半導体レーザ素子103が設けられる。また、キャリア101上には、AlNで形成されたサブマウント104が設けられ、さらにこのサブマウント104上に、半導体レーザ素子103の温度を計測するサーミスタ105が設けられる。

## 【 0 0 0 7 】

半導体レーザ素子103とサブマウント102との間は、金属薄膜102aを介して接合される。具体的には、金属薄膜102aは、Ti/Pt/Auがそれぞれ60nm/200nm/600nmの膜厚でメタライズされており、半導体レーザ素子103とサブマウント102は、その金属薄膜102aの上にさらにメタライズされたAuSnなどのはんだ材によって接合される。サーミスタ105とサブマウント104との間も同様に、金属薄膜104aを介して接合される。

## 【 0 0 0 8 】

半導体レーザ素子103は、サブマウント102と接合する面がp側電極であり、上面がn側電極である。特に、この半導体レーザ素子103は、主な熱発生源となる活性層がp側電極側にあり、かつサブマウント102側近傍に位置するように配置される。n側電極は、Auのワイヤ106aによってマイナス電極へと接続される。一方、p側電極は、金属薄膜102aとAuのワイヤ106bを介してプラス電極側のキャリア101に接続される。

## 【 0 0 0 9 】

これによって、サブマウント102は、半導体レーザ素子103の絶縁を確保するとともに、半導体レーザ素子103のヒートシンクとして機能する。キャリ



ア 1 0 1 は、図示するように、その下部が、AuSnはんだによってCuWのベース 1 1 0 に接合される。また、ベース 1 1 0 は、ペルチェ素子 1 2 0 上に設けられる。ペルチェ素子 1 2 0 は、図示しない温度制御部によってサーミスタ 1 0 5 が検出した温度に応じて制御される。結局、サーミスタ 1 0 5、ペルチェ素子 1 2 0 および上記した温度制御部によって半導体レーザ素子 1 0 3 の温度制御が行なわれる。

#### 【 0 0 1 0 】

なお、サーミスタ 1 0 5 も、半導体レーザ素子 1 0 3 と同様に、サブマウント 1 0 4 によってキャリア 1 0 1 から絶縁され、熱伝導性の高い、サブマウント 1 0 2、キャリア 1 0 1 およびサブマウント 1 0 4 を介して半導体レーザ素子 1 0 3 の温度を検出する。

#### 【 0 0 1 1 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したWDMシステムにおいて長距離光伝送を行なう場合、中継器の配置間隔が狭いとそれだけ中継器を多く必要とし、コストが増加してしまう。そこで、中継器の配置間隔を長くするためにも、信号用光源に使用される半導体レーザ装置の大出力化が要望されている。また、同様な理由により、光ファイバ増幅器の増幅能力の向上、すなわち励起用光源に使用される半導体レーザ装置の大出力化が要望されている。

#### 【 0 0 1 2 】

このような要望を満たすために、例えば、EDFA励起用として250mW以上のレーザ光を発振出力する半導体レーザ素子が存在するが、このような高出力の半導体レーザ素子を用いた従来の半導体レーザ装置では、より一層の高出力化と高信頼性が要求されている。

#### 【 0 0 1 3 】

すなわち、図 1 8 に示す従来の半導体レーザ装置において、半導体レーザ素子 1 0 3 とサーミスタ 1 0 5 とが、それぞれ別個に、サブマウント 1 0 2、1 0 4 を設けており、半導体レーザ素子 1 0 3 で発生した熱は、金属薄膜 1 0 2 a → サブマウント 1 0 2 → 金属薄膜 1 0 2 b → キャリア 1 0 1 → 金属薄膜 1 0 4 b → サ

ブマウント 1 0 4 → 金属薄膜 1 0 4 a を介してサーミスタ 1 0 5 に伝導するため、熱伝導距離が物理的に長くなり、半導体レーザ素子 1 0 3 の実温度検出が遅延してしまう。また、その熱は、4 つの Au Sn ハンダで接合された金属薄膜 1 0 2 a, 1 0 2 b, 1 0 4 b, 1 0 4 a を経由するが、接合に用いられる Au Sn ハンダの熱抵抗は比較的大きいために、必然と上記した熱伝導経路の熱抵抗は大きくなる。

## 【 0 0 1 4 】

すなわち、半導体レーザ素子 1 0 3 の実温度とサーミスタ 1 0 5 で検出される温度との温度差が大きくなり、検出温度の精度が低下する。この結果、サーミスタ 1 0 5 が検出した温度に基づいて行なわれる半導体レーザ素子 1 0 3 の温度制御に遅延が生じてしまう。また、検出温度の精度の低下により、必然と温度制御の精度も低下してしまう。結局、半導体レーザ素子 1 0 3 の発振波長が不安定となり、光出力の低下や寿命の低下を招いていた。

## 【 0 0 1 5 】

なお、高い光出力を得るために、半導体レーザ素子に 1 A 以上の電流を流した場合、金属薄膜 1 0 2 a 内の Au 薄膜の全抵抗が 0. 1 2  $\Omega$  であるとする、この Au 薄膜による電圧降下は、0. 1 2 V となる。一方、半導体レーザ素子に 1 A の電流が流れた場合における半導体レーザ素子の電極間電圧は約 2 V であるので、半導体レーザ素子における共振器長方向の電圧降下が 0. 1 2 V 分だけ不均一になる。これは、半導体レーザ素子に対する電流注入が不均一となるとともに、活性層における光密度も不均一となることを意味し、光出力の低下や寿命の低下を助長するものと考えられる。

## 【 0 0 1 6 】

特に、本出願人によって提案された特願 2 0 0 0 - 3 2 3 1 1 8 号、特願 2 0 0 1 - 1 3 4 5 4 5 号および特願 2 0 0 1 - 2 2 8 6 6 9 号に記載の「半導体レーザ装置」のように、回折格子を内部に設け、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子では、高出力化を可能にしているため、それに伴う発熱に対しても十分な対策を施すことが好ましい。

## 【 0 0 1 7 】

具体的には、レーザ出力の高出力化、すなわち活性層に注入する電流が増加するに従って半導体レーザ素子の温度が上昇し、その温度上昇に伴って、回折格子が設けられている層の屈折率が変化する。これは、上記した半導体レーザ素子において、回折格子での選択波長がずれてしまい、意図する中心波長のレーザ出力が得られないことを意味する。

## 【 0 0 1 8 】

本発明は上記に鑑みてなされたものであって、上記した半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールにおいて、精確かつ迅速に半導体レーザ素子の温度制御を行なう半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールを提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 9 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 にかかる発明は、第 1 の取付台と、熱伝導率が  $500\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  以上のヒートシンクで形成され、前記第 1 の取付台の上に取り付けられる第 2 の取付台と、金薄膜を含む多層膜を介して前記第 2 の取付台の上に接合され、レーザ光の出射端面と反射端面との間であってかつ活性層の近傍に形成された回折格子の波長選択特性によって、所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子と、を備えたことを特徴としている。

## 【 0 0 2 0 】

この発明によれば、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値等の所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、その半導体レーザ素子と第 1 の取付台との間に配置する第 2 の取付台を熱伝導率が  $500\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  以上の高熱伝導率のヒートシンクで形成したので、従来のように A l N で形成されたサブマウントを用いた場合よりも、半導体レーザ素子に対する熱の出入りを効率良く行なうことができる。

## 【 0 0 2 1 】

また、請求項 2 にかかる発明は、第 1 の取付台（後述するキャリア 4 1， 5 1

、61に相当する。)と、ダイヤモンドで形成され、前記第1の取付台の上に取り付けられる第2の取付台(後述するサブマウント42, 52, 62に相当する。)と、金薄膜を含む多層膜を介して前記第2の取付台の上に接合され、レーザー光の出射端面と反射端面との間であってかつ活性層の近傍に形成された回折格子の波長選択特性によって、所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザー光を出力する半導体レーザー素子(後述する半導体レーザー素子20に相当する。)と、を備えたことを特徴としている。

## 【0022】

この発明によれば、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値等の所定出力値以下の複数の発振縦モードのレーザー光を出力する半導体レーザー素子を備えた半導体レーザー装置において、その半導体レーザー素子と第1の取付台との間に配置する第2の取付台を高熱伝導率のダイヤモンドで形成したので、従来のようにAlNで形成されたサブマウントを用いた場合よりも、半導体レーザー素子に対する熱の出入りを効率良く行なうことができる。

## 【0023】

また、請求項3にかかる発明は、請求項1または2に記載の半導体レーザー装置において、前記第1の取付台の上に取り付けられる第3の取付台(後述するサブマウント44に相当する。)と、金薄膜を含む多層膜を介して前記第3の取付台の上に接合され、前記半導体レーザー素子の駆動温度を計測する温度測定素子(後述するサーミスタ45に相当する。)と、を備えたことを特徴としている。

## 【0024】

この発明によれば、半導体レーザー素子と温度測定素子とをそれぞれ独立して配置されたサブマウント上に接合させることができる。

## 【0025】

また、請求項4にかかる発明は、請求項1または2に記載の半導体レーザー装置において、金薄膜を含む多層膜を介して前記第1の取付台の上に接合され、前記半導体レーザー素子の駆動温度を計測する温度測定素子(後述するサーミスタ54に相当する。)を備えたことを特徴としている。

## 【0026】

この発明によれば、従来において第 1 の取付台（キャリア）と温度測定素子との間に介在させていたサブマウントを排除することができる。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 5 にかかる発明は、請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置において、金薄膜を含む多層膜を介して前記第 2 の取付台の上に接合され、前記半導体レーザ素子の駆動温度を計測する温度測定素子（後述するサーミスタ 6 4 に相当する。）を備えたことを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

この発明によれば、半導体レーザ素子と温度測定素子とを熱伝導率が  $500\text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$  以上のダイヤモンド等のヒートシンクで形成された共通の第 2 の取付台（サブマウント）上に配置することができる。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 6 にかかる発明は、請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、前記第 2 の取付台は、前記半導体レーザ素子が接合された状態において熱抵抗値が最小となるサイズであることを特徴としている。

【 0 0 3 0 】

この発明によれば、第 2 の取付台（サブマウント）における熱伝導率を最大限に高めることができる。

【 0 0 3 1 】

また、請求項 7 にかかる発明は、請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、前記第 2 の取付台は、前記半導体レーザ素子が接合された状態において最小となる熱抵抗値の  $1.0 \sim 1.2$  倍の熱抵抗値を有するサイズであることを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

この発明によれば、第 2 の取付台（サブマウント）における熱伝導率を高めることができる。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 8 にかかる発明は、請求項 6 または 7 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、前記第 2 の取付台は、少なくとも前記半導体レーザ素

子の底面全体が接合されるだけの幅および長さを有することを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

この発明によれば、第 2 の取付台（サブマウント）を、高い熱伝導率を有する実装に最適なサイズで提供することができる。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 9 にかかる発明は、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の半導体レーザ装置と、前記温度測定素子から出力された温度をもとに前記半導体レーザ素子の温度を制御する温度制御素子（後述するペルチェ素子 1 2 0 に相当する。）と、前記温度制御素子上に取り付けられる第 4 の取付台（後述するベース 1 1 0 に相当する。）と、を備え、前記半導体レーザ装置は、前記第 4 の取付台の上に取り付けられ、当該第 4 の取付台を介して前記半導体レーザ素子が温度制御されることを特徴としている。

【 0 0 3 6 】

この発明によれば、上記した半導体レーザ装置をモジュール化しているため、内部において、ファイバグレーティング付きモジュールでは構造上用いることができない光学部品（アイソレータ等）を用いることができる。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 1 0 にかかる発明は、請求項 9 に記載の半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を外部に導波する光ファイバ（後述する光ファイバ 8 2 に相当する。）と、前記半導体レーザ装置と前記光ファイバとの光結合を行なう光結合レンズ系（後述する第 2 レンズ 8 6 に相当する。）と、を備えたことを特徴としている。

【 0 0 3 8 】

この発明によれば、ファイバグレーティングを用いない、換言すれば共振器が物理的に分離されていない半導体レーザ装置を用いるので、光軸合わせ時に、光出力の波長安定性がよくなり、結果的に半導体レーザモジュールの組立が容易になるとともに、機械的振動などによってレーザの発振特性が変化しにくくなり、安定したレーザ光を信頼性高く、かつ安定して出力することができる。

【 0 0 3 9 】

また、請求項 1 1 にかかる発明は、請求項 1 0 に記載の半導体レーザモジュールにおいて、前記光結合レンズ系内に配置され、前記光ファイバ側からの反射戻り光の入射を抑制するアイソレータ（後述するアイソレータ 8 5 に相当する。）を備えたことを特徴としている。

## 【 0 0 4 0 】

この発明によれば、ファイバグレーティングを用いない半導体レーザ装置を用いているため、インライン式のファイバ型と異なり、偏波無依存アイソレータを使用することができ、構成部品からの反射戻り光を抑制し、波長安定性および相対強度雑音（R I N）特性のよい半導体レーザモジュールを実現することができる。

## 【 0 0 4 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下に、本発明にかかる半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、本発明は、特に、半導体レーザ素子として、上記した特願 2 0 0 0 - 3 2 3 1 1 8 号、特願 2 0 0 1 - 1 3 4 5 4 5 号および特願 2 0 0 1 - 2 2 8 6 6 9 号に記載されているような、所定閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する「半導体レーザ装置」を設けて構成されるものとする。

## 【 0 0 4 2 】

## （実施の形態 1）

まず、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置について、その半導体レーザ装置に設けられる半導体レーザ素子の構成とともに説明する。

## 【 0 0 4 3 】

図 1 は、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ素子の概要構成を示す斜めからみた破断図である。また、図 2 は、図 1 に示した半導体レーザ素子の長手方向の縦断面図である。さらに、図 3 は、図 2 に示した半導体レーザ素子の A - A 線断面図である。図 1 において、半導体レーザ素子 2 0 は、 $n$ -I n P 基板 1 の（1 0 0）面上に、順次、 $n$ -I n P によるバッファ層と下部クラッド層とを兼ねた  $n$

— I n P バッファ層 2、圧縮歪みをもつ G R I N - S C H - M Q W (Graded Index-Separate Confinement Heterostructure Multi Quantum Well) 活性層 3、p - I n P スペーサ層 4、および p - I n P クラッド層 6、I n G a A s P キャップ層 7 が積層されて構成される。

## 【 0 0 4 4 】

また、図 2 に示すように、半導体レーザ素子 2 0 の長手方向の一端面である光反射端面には、反射率 8 0 % 以上の高光反射率をもつ反射膜 1 4 が形成され、他端面である光出射端面には、反射率が 2 % 以下、好ましくは 1 % 以下の低光反射率をもつ出射側反射膜 1 5 が形成される。反射膜 1 4 と出射側反射膜 1 5 とによって形成された光共振器の G R I N - S C H - M Q W 活性層 3 内に発生した光は、反射膜 1 4 によって反射し、出射側反射膜 1 5 を介し、レーザ光として出射される。

## 【 0 0 4 5 】

さらに、図 2 において、半導体レーザ素子 2 0 は、p - I n P スペーサ層 4 内に周期的に配置された p - I n G a A s P の回折格子 1 3 を有している。特にここでは、その回折格子 1 3 は、G R I N - S C H - M Q W 活性層 3 の利得領域で生じたレーザ光のうち中心波長 1 . 4 8  $\mu$  m の光が選択されるように、出射側反射膜 1 5 から 1 0 0  $\mu$  m 延び、膜厚 2 0 n m を有し、かつピッチ約 2 2 0 n m で形成されているものとする。なお、回折格子 1 3 は、出射側反射膜 1 5 に接して配置されることが望ましいが、必ずしも接する配置にしなくても、回折格子 1 3 の機能を発揮する範囲内、たとえば 2 0  $\mu$  m ~ 1 0 0  $\mu$  m 程度の範囲内で出射側反射膜 1 5 から離隔する配置とすることもできる。また、半導体レーザ素子 2 0 の製造時において生じる半導体レーザ素子 2 0 の劈開位置のばらつきなどによって、回折格子 1 3 が反射膜 1 4 側に残っていてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

また、図 3 に示すように、n - I n P バッファ層 2 の上部、G R I N - S C H - M Q W 活性層 3 および上記した回折格子 1 3 を含む p - I n P スペーサ層 4 は、メサストライプ状に加工され、メサストライプの両側は、電流ブロッキング層として形成された p - I n P ブロッキング層 8 と n - I n P ブロッキング層 9 に



よって埋め込まれている。また、InGaAsPキャップ層7の上面には、p側電極10が形成され、n-InP基板1の裏面には、n側電極11が形成される。

#### 【0047】

以上に説明した構成の半導体レーザ素子20をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合には、その発振波長 $\lambda_0$ を、1100nm～1550nmとし、共振器長Lを、800 $\mu$ m以上3200 $\mu$ m以下とする。ところで、一般に、半導体レーザ素子の共振器によって発生する縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、等価屈折率を「n」とすると、次式で表すことができる。すなわち、

$$\Delta\lambda = \lambda_0^2 / (2 \cdot n \cdot L)$$

である。ここで、発振波長 $\lambda_0$ を1480nmとし、実効屈折率を3.5とすると、共振器長Lが800 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.39nmとなり、共振器長が3200 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.1nmとなる。すなわち、共振器長Lを長くすればするほど、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は狭くなり、単一縦モードのレーザ光を発振するための選択条件が厳しくなる。

#### 【0048】

一方、回折格子13は、そのブラッグ波長によって縦モードを選択する。図4は、回折格子13による選択波長特性を説明するためのグラフであり、回折格子13による選択波長特性は、図示するような発振波長スペクトル30として表される。

#### 【0049】

特に、この半導体レーザ素子20は、図4に示すように、回折格子13の存在によって、発振波長スペクトル30の半値幅 $\Delta\lambda_h$ で示される波長選択特性内に、発振縦モードが複数存在するように設計される。従来の半導体レーザ素子では、共振器長Lを800 $\mu$ m以上とすると、単一縦モード発振が困難であったため、かかる共振器長Lを有した半導体レーザ装置は用いられなかったが、この半導体レーザ素子20では、共振器長Lを積極的に800 $\mu$ m以上とすることで、発振波長スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda_h$ 内に複数の発振縦モードを含んだレーザ光を出

力する。図 4 では、発振波長スペクトルの半値幅  $\Delta \lambda_h$  内に 3 つの発振縦モード 3 1 ~ 3 3 を有している。

#### 【 0 0 5 0 】

複数の発振縦モードを有するレーザ光を用いると、単一縦モードのレーザ光を用いた場合に比して、レーザ出力のピーク値を抑えて、高いレーザ出力値を得ることができる。図 5 は、単一縦モードのレーザ光と複数の発振縦モードのレーザ光の各プロファイルを説明するための説明図である。たとえば、この半導体レーザ素子 2 0 では、図 5 ( b ) に示すプロファイルを有し、低いピーク値で高レーザ出力を得ることができる。これに対し、図 5 ( a ) は、同じレーザ出力を得る場合の単一縦モード発振の半導体レーザ装置のプロファイルであり、高いピーク値を有している。

#### 【 0 0 5 1 】

ここで、半導体レーザ素子 2 0 をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合、ラマン利得を大きくするために励起光出力パワーを増大することが好ましいが、そのピーク値が高いと、誘導ブリルアン散乱が発生し、雑音が増加するという不具合が発生する。誘導ブリルアン散乱は、図 5 ( a ) に示すように、レーザ出力が、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値  $P_{th}$  を超えた場合に発生する。そこで、半導体レーザ素子 2 0 では、図 5 ( a ) に示すプロファイルと同じレーザ出力パワーを得るために、図 5 ( b ) に示すように、誘導ブリルアン散乱の閾値  $P_{th}$  以下にピーク値を抑えた複数の発振縦モードでレーザ光を出射する。これにより、高い励起光出力パワーを得ることができ、その結果、高いラマン利得を得ることが可能となる。

#### 【 0 0 5 2 】

また、図 4 において、発振縦モード 3 1 ~ 3 3 の波長間隔（モード間隔） $\Delta \lambda$  は、0. 1 nm 以上としている。これは、半導体レーザ素子 2 0 をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合、モード間隔  $\Delta \lambda$  が 0. 1 nm 以下であると、誘導ブリルアン散乱が発生する可能性が高くなるからである。この結果、上述したモード間隔  $\Delta \lambda$  の式によって、上述した共振器長  $L$  が 3 2 0 0  $\mu m$  以下であることが好ましいことになる。このような観点から、発振波長スペクトル 3 0 の半値

幅  $\Delta \lambda h$  内に含まれる発振縦モードの本数は、複数であることが望ましい。

【 0 0 5 3 】

よって、上述したように、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置に設けられる半導体レーザ素子 2 0 は、発振波長スペクトルの半値幅内に 2 本以上の発振縦モードが含まれるように、回折格子 1 3 の配置位置と共振器長  $L$  が設定されているので、誘導ブリルアン散乱を生じさせることなく、安定に高出力のレーザ出力を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置では、上記したように、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子を搭載することを前提としている。なお、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の半導体レーザ素子としては、上述した構成以外にも、特願 2 0 0 0 - 3 2 3 1 1 8 号、特願 2 0 0 1 - 1 3 4 5 4 5 号および特願 2 0 0 1 - 2 2 8 6 6 9 号の各実施の形態に記載された種々の「半導体レーザ装置」を用いることができる。

【 0 0 5 5 】

つづいて、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置について説明する。図 6 は、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の正面図およびその制御システム例を示す図である。図 6 に示す半導体レーザ装置は、CuW で形成されたキャリア 4 1 上に、絶縁性および高熱伝導率をもつダイヤモンドで形成されたサブマウント 4 2 が設けられ、このサブマウント 4 2 上に、上記した半導体レーザ素子 2 0 が設けられる。また、キャリア 4 1' 上には、AlN で形成されたサブマウント 4 4 が設けられ、さらにこのサブマウント 4 4 上に、半導体レーザ素子 2 0 の温度を計測するサーミスタ 4 5 が設けられる。

【 0 0 5 6 】

半導体レーザ素子 2 0 とサブマウント 4 2 との間は、金属薄膜 4 2 a を介して接合される。また、サーミスタ 4 5 とサブマウント 4 4 との間も同様に、金属薄膜 4 4 a を介して接合される。半導体レーザ素子 2 0 は、サブマウント 4 2 との接合面が p 側電極であり、上面が n 側電極である。特に、この半導体レーザ素子

20は、主な熱発生源となる活性層がp側電極側であり、サブマウント42側近傍に位置するように配置される。

#### 【0057】

キャリア41は、図6に示すように、その下部が、AuSnはんだによってCuWのベース110に接合される。また、ベース110は、ペルチェ素子120上に設けられる。

#### 【0058】

以下に、効果的な放熱を実現するためのダイヤモンドのサイズについて説明する。図7は、ダイヤモンド製のサブマウント42のサイズと熱抵抗との関係を表した計算データを示す図である。図7(a)は、サブマウント42の長さを2.5mmとし、幅を1.0mmに固定した場合の厚さと熱抵抗との関係を表すグラフである。また、図7(b)は、サブマウント42の厚さを0.2mmとし、幅を1.0mmに固定した場合の長さと熱抵抗との関係を表すグラフである。また、図7(c)は、サブマウント42の長さを2.5mmとし、厚さを0.2mmに固定した場合の幅と熱抵抗との関係を表すグラフである。いずれのグラフから、サイズが大きくなるにつれて熱抵抗がある最小の値に収束することがわかる。よって、これらグラフから、熱抵抗が最小となるサブマウントの最適なサイズを見積もることができる。

#### 【0059】

図8は、サブマウント42の最適なサイズを説明するための斜視図である。本発明者は、図7に示した実験データとコストから、熱抵抗がより小さくなるサイズ、具体的には上記した最小の熱抵抗の1.0倍の熱抵抗を有するサイズを見積もったところ、図8において、ダイヤモンドのサブマウント42を、厚さSH=0.4mm、長さSL=3.2mm、幅SW=3.2mmのサイズで作成するのが好適であることを見出した。なお、上記実験データは、半導体レーザ素子20のサイズを、厚さLH=2.0mm、長さLL=1.5mm、幅LW=0.35mmとした場合の結果である。なお、ダイヤモンドのサブマウント42のサイズについては、コストを考慮して、厚さSH=0.3mm、長さSL=2.7mm、幅SW=1.0mmのサイズとし、上記した最小の熱抵抗の1.2倍以内の熱抵

抗に抑えた構造を採用することもできた。

【 0 0 6 0 】

図 9 は、サブマウント 4 2 として A 1 N を用いた場合とダイヤモンドを用いた場合の注入電流と発振波長の関係を表した実験データである。図 9 ( a ) は、サブマウント 4 2 として A 1 N を用いた場合の注入電流－発振波長特性を示し、図 9 ( b ) は、サブマウント 4 2 としてダイヤモンドを用いた場合の注入電流－発振波長特性を示している。

【 0 0 6 1 】

図 9 ( a ) に示すグラフでは、注入電流を 1 0 0 m A から 1 0 0 0 m A へと上昇させるにつれて、発振波長が約 1 4 9 5 . 5 n m から約 1 4 9 9 . 5 n m へとずれることが示され、その波長のずれ幅は約 4 n m であることがわかる。また、図 9 ( b ) に示すグラフでは、注入電流を 1 0 0 m A から 1 0 0 0 m A へと上昇させるにつれて、発振波長が約 1 4 9 5 . 5 n m から約 1 4 9 8 . 0 n m へとずれることが示されており、その波長のずれ幅は約 2 . 5 n m である。

【 0 0 6 2 】

すなわち、本実施の形態のようにサブマウント 4 2 をダイヤモンドで形成した方が、A 1 N で形成するよりも発振波長のずれは小さい。これは、注入電流の増加は温度上昇を導くが、ダイヤモンドのサブマウント 4 2 の方がより放熱性が高いということを意味する。

【 0 0 6 3 】

このように波長のずれ幅が小さくなることは、上記した温度制御部 2 0 2 での温度制御幅が小さくなることになり、半導体レーザ素子 2 0 の温度を目的の温度へとより迅速に落ち着かせることを可能にする。

【 0 0 6 4 】

図 1 0 は、サブマウント 4 2 として A 1 N を用いた場合とダイヤモンドを用いた場合の注入電流とレーザ光の出力パワーの関係を表した実験データである。なお、図 1 0 において、実線 4 8 がサブマウント 4 2 としてダイヤモンドを用いた場合の注入電流－出力パワー特性を示し、点線 4 9 がサブマウント 4 2 として A 1 N を用いた場合の注入電流－出力パワー特性を示す。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 0 において、実線 4 8 と点線 4 9 のいずれにおいても、注入電流が増加するにつれてレーザ光の出力パワーも増加しているが、実線 4 8 の方が、注入電流が増えるに従って出力パワーの増大幅が大きい。すなわち、高電流注入時には、本実施の形態のようにサブマウント 4 2 をダイヤモンドで形成した方が、A 1 N で形成するよりも大きな出力パワーを得ることができる。これは、注入電流のうち従来において熱エネルギーに変換されていたエネルギーが、ダイヤモンドの高い放熱性によって、レーザ光を出力するための光エネルギーに遷移したことを意味する。換言すれば、サブマウント 4 2 をダイヤモンドで形成した場合には、サブマウント 4 2 を A 1 N で形成した場合と比較して、同じ注入電流でもより大きな出力パワーを得ることができる。

## 【 0 0 6 6 】

つぎに、上記したように構成される半導体レーザ装置の制御例について図 6 に基づき簡単に説明する。まず、可変電源 2 0 0 が、上記した半導体レーザ素子 n 側電極と p 側電極との間に所定の電圧を印加することによって、半導体レーザ素子 2 0 に駆動電流を供給し、これにより、半導体レーザ素子 2 0 は活性層から所望の波長のレーザ光を発振出力する。上記した駆動電流は、電流検出器 2 0 1 によって検出されており、その検出結果はさらに温度制御部 2 0 2 に入力される。

## 【 0 0 6 7 】

温度制御部 2 0 2 は、後述する制御関数を保持する記憶部 2 0 3 を有しており、この制御関数に上記駆動電流を適用して制御温度を算出する。ここで、サーミスタ 4 5 は、温度制御部 2 0 2 に接続されており、これにより、温度制御部 2 0 2 は、半導体レーザ素子 2 0 近傍の温度を知得することができる。そこで、温度制御部 2 0 2 は、サーミスタ 4 5 によって検出された温度が、上記した制御温度に一致するように、ペルチェ素子 1 2 0 への通電方向と通電量とを制御し、ペルチェ素子 1 2 0 による冷却動作および加熱動作を行なう。

## 【 0 0 6 8 】

このように、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置は、半導体レーザ素子を、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出

力する半導体レーザ素子とし、その下部に配置されるサブマウントをダイヤモンドで形成する点以外は、図 1 8 に示した従来の半導体レーザ装置と同じである。よって、サブマウント 4 2 は、半導体レーザ素子 2 0 の絶縁を確保するとともに、半導体レーザ素子 2 0 のヒートシンクとして機能するが、A 1 N よりも高熱伝導率として知られているダイヤモンドを用いているので、より効果的な放熱を実現している。

## 【 0 0 6 9 】

すなわち、これにより、回折格子での選択波長のずれを低減させることができるとともに、注入電流からレーザ光への電流対光変換効率を上げることができ、結果的に、同じ注入電流でもより高いレーザ出力を得ることができる。なお、サブマウント 4 2 は、例えば C V D 法で合成される多結晶ダイヤモンドで形成される。

## 【 0 0 7 0 】

以上に説明したとおり、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置によれば、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、その半導体レーザ素子とキャリアとの間に配置するサブマウントを高熱伝導率のダイヤモンドで形成したので、従来のように A 1 N で形成されたサブマウントを用いた場合よりも、半導体レーザ素子で発生した熱を効率良く放散することができる。この高効率な放熱により、注入電流に対するレーザ光の出力パワーを増大させることができる。さらに、半導体レーザ素子の温度上昇が抑えられるので、安定なレーザ発振を実現することができ、半導体レーザ装置全体の信頼性を向上させることが可能になる。

## 【 0 0 7 1 】

また、ペルチェ素子 1 2 0 で発生する熱（加熱時、冷却時の両方）も効率よく伝達させることができるので、高効率な温度制御を実現することができ、熱によって生じる回折格子での選択波長のずれを少なくすることができる。

## 【 0 0 7 2 】

（実施の形態 2）

つぎに、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置について説明する。実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置では、同一のキャリア上に、半導体レーザ素子が載置されるダイヤモンドのサブマウントと、サーミスタが載置される A 1 N のサブマウントとをそれぞれ設けていたのに対し、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置は、サーミスタをキャリア上に直接載置することでサーミスタが載置されていたサブマウントを排除したことを特徴としている。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 1 は、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構成を示す図である。また、図 1 2 ( a ) および ( b ) は、それぞれの半導体レーザ装置の右側面図および平面図である。以下において、これら 3 つの図面を参照しつつ、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構造について説明する。なお、図 1 1 および図 1 2 では、キャリア 5 1 が載置されるベース、そのベースが載置されるペルチェ素子、その他の制御システムの図示を省略しているが、それらについては図 6 と同様な構成と動作が適用される。

## 【 0 0 7 4 】

まず、図 1 1 に示す半導体レーザ装置 5 0 において、キャリア 5 1 は、高絶縁性かつ高熱伝導率の A 1 N によって形成される。キャリア 5 1 上には、図 1 1 および図 1 2 に示すように、金属薄膜 5 2 a ~ 5 2 d が、互いに絶縁されるようにパターン化されて形成されている。なお、金属薄膜 5 2 a ~ 5 2 d は、キャリア 5 1 側から T i / P t / A u の順に積層された構造として形成され、各厚さは、例えば順に 6 0 n m / 2 0 0 n m / 5 0 0 0 n m である。

## 【 0 0 7 5 】

また、キャリア 5 1 上には、金属薄膜 5 2 b を介して、実施の形態 1 と同様なダイヤモンドのサブマウント 5 2 が設けられる。そして、このサブマウント 5 2 上に、金属薄膜 5 2 e を介して半導体レーザ素子 5 3 が設けられる。なお、この半導体レーザ素子 5 3 は、実施の形態 1 において説明した半導体レーザ素子 2 0 と同様な半導体レーザ素子である。

## 【 0 0 7 6 】

よって、サブマウント 5 2 は、実施の形態 1 で説明したサブマウント 4 2 と同



様に、半導体レーザ素子 5 3 の絶縁を確保するとともに、半導体レーザ素子 5 3 のヒートシンクとして機能する。

## 【 0 0 7 7 】

半導体レーザ素子 5 3 は、活性層側の p 側電極がサブマウント 5 2 に対向して接合され、n 側電極が上面となっている。半導体レーザ素子 5 3 の n 側電極と金属薄膜 5 2 a とは、Au のワイヤ 5 5 によって電氣的に接続される。また、半導体レーザ素子 5 3 の p 側電極と金属薄膜 5 2 b とは、金属薄膜 5 2 e および Au のワイヤ 5 6 を介して電氣的に接続される。したがって、金属薄膜 5 2 a は、半導体レーザ素子 5 3 のマイナス電極となり、金属薄膜 5 2 b は、半導体レーザ素子 5 3 のプラス電極となる。よって、図 6 に示した可変電源 2 0 0 と電流検出器 2 0 1 とからなる構成は、金属薄膜 5 2 a と金属薄膜 5 2 b とからそれぞれ引き出される配線（図示略）に接続される。

## 【 0 0 7 8 】

ここで特に、半導体レーザ素子 5 3 の n 側電極と金属薄膜 5 2 a とを電氣的に接続するワイヤ 5 5 は、導通断面積が大きくなるように複数本で構成される。これにより、配線部分において生じる抵抗値が低下し、その部分での電圧降下を小さくすることができる。この電圧降下の低減は、発熱の抑制と、レーザ光出力のみに用いる電力比の増加に寄与し、結果的に電力光変換効率の向上をもたらす。また、各ワイヤ 5 5 の接続点をほぼ等間隔にすることで、電力分散を図ることができる。これにより、電圧降下の不均一さを小さくすることができ、結果的に光出力の低下や寿命の低下を防止することが可能になる。

## 【 0 0 7 9 】

なお、上述したワイヤ 5 5 のボンディング箇所は、図 1 2 ( b ) に示すように半導体レーザ素子 5 3 の長手方向に直線的に配列されているが、これに限らず、ボンディング箇所が半導体レーザ素子 5 3 の n 側電極表面に均一に分散していてもよい。この場合、ボンディング箇所を、半導体レーザ素子 5 3 の活性層の位置からずれた位置とすることもできる。要は、ワイヤ 5 5 を介して半導体レーザ素子 5 3 の上面において電流が均一に分布するようにすればよい。

## 【 0 0 8 0 】

さらに、キャリア 5 1 上には、図 1 1 および図 1 2 に示すように、金属薄膜 5 2 c を介して、半導体レーザ素子 5 3 の温度を計測するサーミスタ 5 4 が設けられる。サーミスタ 5 4 は、電極の一方となる底面が金属薄膜 5 2 c に接合され、電極の他方となる上面がワイヤ 5 7 を介して金属薄膜 5 2 d と電氣的に接続される。よって、図 6 に示した温度制御部 2 0 2 は、金属薄膜 5 2 c と金属薄膜 5 2 d とからそれぞれ引き出される配線（図示略）に接続される。

## 【 0 0 8 1 】

ここで、高出力の半導体レーザ素子 5 3 を、半導体レーザ素子 5 3 の端面 5 3 a とキャリア 5 1 の端面とがほぼ同平面となるように配置することで、他の部材との間で生じるレーザ光の干渉を低減することができるが、この場合、半導体レーザ素子 5 3 の端面 5 3 a 近傍は、サブマウント 5 2 による放熱効果の恩恵を大きく受けることができず、半導体レーザ素子 5 3 の他の部分と比較して高温となりやすい。そのような理由から、特に、サーミスタ 5 4 は、半導体レーザ素子 5 3 のレーザ光が出射される端面 5 3 a の近傍に設けることが好ましい。

## 【 0 0 8 2 】

結局、サーミスタ 5 4 の下部には、図 6 で示したようなサブマウントが設けられておらず、キャリア 5 1 が、サーミスタ 5 4 のヒートシンクとして機能する。このように、サーミスタ 5 4 の下部に配置していたサブマウントを排除することで、半導体レーザ素子 5 3 とサーミスタ 5 4 との間の伝熱経路長と抵抗分とを小さくすることができ、サーミスタ 5 4 は、半導体レーザ素子 5 3 自体の実温度により近い温度を迅速に検出することができる。

## 【 0 0 8 3 】

なお、図 1 1 および図 1 2 では、サブマウント 5 2 上の金属薄膜 5 2 e とキャリア 5 1 上の金属薄膜 5 2 b とがワイヤ 5 6 を介して接続されることにより、半導体レーザ素子 5 3 の p 側電極への通電を可能としているが、サブマウント 5 2 の側面にも金属薄膜を形成し、その側面の金属薄膜に上記ワイヤ 5 6 の役割を持たせることもできる。

## 【 0 0 8 4 】

図 1 3 は、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の上記場合の構成を示す図

であり、また、図 1 4 (a) および (b) は、上記場合のそれぞれの半導体レーザ装置の右側面図および平面図である。なお、図 1 3 および図 1 4 において、図 1 1 および図 1 2 と共通する部分には同一符号を付してその説明を省略する。

#### 【 0 0 8 5 】

図 1 3 および図 1 4 に示す半導体レーザ装置 5 0' において、図 1 1 および図 1 2 と異なるところは、ワイヤ 5 6 を排除し、サブマウント 5 2 の上面と側面に金属薄膜 5 2 f が被覆されている点である。この金属薄膜 5 2 f は、サブマウント 5 2 の上面に位置する半導体レーザ素子 5 3 の p 側電極と、キャリア 5 1 上の金属薄膜 5 2 b とにそれぞれ電氣的に接触しており、両者間を電氣的に接続している。

#### 【 0 0 8 6 】

以上に説明したとおり、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置によれば、半導体レーザ素子 5 3 とキャリア 5 1 との間に配置するサブマウント 5 2 を高熱伝導率のダイヤモンドで形成したので、実施の形態 1 による効果を享受することができるとともに、サーミスタ 5 4 をサブマウントの介在なしでキャリア 5 1 上に設けたので、半導体レーザ素子 5 3 からサーミスタ 5 4 に至る伝熱距離が短くなり、サーミスタ 5 4、ペルチェ素子 1 2 0 および温度制御部 2 0 2 による温度制御を迅速かつ正確に行なうことができる。

#### 【 0 0 8 7 】

また、ペルチェ素子 1 2 0、ベース 1 1 0、キャリア 5 1、サブマウント 5 2、半導体レーザ素子 5 3 に至る経路において、サブマウント 5 2 が高熱伝導率のダイヤモンドで形成されているので、ペルチェ素子 1 2 0 による温度調節もまた迅速かつ正確に行なうことができる。

#### 【 0 0 8 8 】

##### (実施の形態 3)

つぎに、実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置について説明する。実施の形態 1 または 2 にかかる半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子とサーミスタのうち半導体レーザ素子のみをダイヤモンド製のサブマウント上に設けたのに対し、実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置は、半導体レーザ素子とサーミスタを

ともに、ダイヤモンド製の同サブマウント上に設けたことを特徴としている。

【0089】

図15は、実施の形態3にかかる半導体レーザ装置の構成を示す図である。また、図16(a)および(b)は、それぞれの半導体レーザ装置の右側面図および平面図である。以下において、これら3つの図面を参照しつつ、実施の形態3にかかる半導体レーザ装置の構造について説明する。なお、図15および図16では、キャリア61が載置されるベース、そのベースが載置されるペルチェ素子、その他の制御システムの図示を省略しているが、それらについては図6と同様な構成と動作が適用される。

【0090】

まず、図15に示す半導体レーザ装置60において、キャリア61は、高絶縁性かつ高熱伝導率のAlNによって形成される。キャリア61上には、図15および図16に示すように、金属薄膜72、72a~72dが、互いに絶縁されるようにパターン化されて形成される。

【0091】

また、キャリア61上には、金属薄膜72を介して、実施の形態1と同様なダイヤモンド製のサブマウント62が設けられる。さらにサブマウント62上には、図15および図16に示すように、金属薄膜62a~62dが、互いに絶縁されるようにパターン化されて形成される。

【0092】

さらに、このサブマウント62上に、金属薄膜62bを介して半導体レーザ素子63が設けられ、金属薄膜62cを介してサーミスタ64が設けられる。なお、半導体レーザ素子63は、実施の形態1において説明した半導体レーザ素子20と同様な半導体レーザ素子である。

【0093】

よって、サブマウント62は、実施の形態1で説明したサブマウント42と同様に、半導体レーザ素子63の絶縁とサーミスタ64の絶縁とを確保するとともに、ヒートシンクとして機能する。

【0094】

半導体レーザ素子 6 3 は、活性層側の p 側電極がサブマウント 6 2 に対向して接合され、n 側電極が上面となっている。半導体レーザ素子 6 3 の n 側電極とキャリア 6 1 上の金属薄膜 7 2 a とは、Au のワイヤ 6 5、金属薄膜 6 2 a および Au のワイヤ 7 5 を介して電氣的に接続される。また、半導体レーザ素子 6 3 の p 側電極と金属薄膜 7 2 b とは、金属薄膜 6 2 b および Au のワイヤ 7 6 を介して電氣的に接続される。したがって、金属薄膜 7 2 a は、半導体レーザ素子 6 3 のマイナス電極となり、金属薄膜 7 2 b は、半導体レーザ素子 6 3 のプラス電極となる。よって、図 6 に示した可変電源 2 0 0 と電流検出器 2 0 1 とからなる構成は、金属薄膜 7 2 a と金属薄膜 7 2 b とから引き出される配線（図示略）に接続される。

## 【 0 0 9 5 】

一方、半導体レーザ素子 6 3 の温度を計測するサーミスタ 6 4 は、図 1 5 および図 1 6 に示すように、金属薄膜 6 2 c を介してキャリア 6 1 上に設けられる。サーミスタ 6 4 は、電極の一方となる底面が金属薄膜 6 2 c に接合され、電極の他方となる上面がワイヤ 6 7 を介して金属薄膜 6 2 d と電氣的に接続される。よって、図 6 に示した温度制御部 2 0 2 は、金属薄膜 6 2 c と金属薄膜 6 2 d とからそれぞれ引き出される配線（図示略）に接続される。なお、このサーミスタ 6 4 は、実施の形態 2 において説明したサーミスタ 5 4 の配置位置と同様な位置に配置される。

## 【 0 0 9 6 】

結局、半導体レーザ素子 6 3 とサーミスタ 6 4 は、ともにダイヤモンド製の同一のサブマウント 6 2 上に設けられ、このサブマウント 6 2 は、半導体レーザ素子 6 3 とサーミスタ 6 4 のヒートシンクとして機能する。よって、半導体レーザ素子 6 3 とサーミスタ 6 4 の両方またはいずれか一方の下に、独立したサブマウントを設けた場合よりも、半導体レーザ素子 6 3 とサーミスタ 6 4 との間の伝熱経路長と抵抗分を小さくすることができる。すなわち、サーミスタ 6 4 は、半導体レーザ素子 6 3 自体の実温度により一層近い温度を迅速に検出することができる。

## 【 0 0 9 7 】

以上に説明したとおり、実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置によれば、半導体レーザ素子 6 3 とキャリア 6 1 との間と、サーミスタ 6 4 とキャリア 6 1 との間とに配置するサブマウント 6 2 を高熱伝導率のダイヤモンドで形成するとともに、そのサブマウント 6 2 は、半導体レーザ素子 6 3 とサーミスタ 6 4 で共有されるので、半導体レーザ素子 6 3 からサーミスタ 6 4 に至る伝熱距離をより一層短くすることができ、半導体レーザ素子で発生した熱を効率良く放散することが可能となる。この高効率な放熱効果によって、熱により生じる回折格子での選択波長のずれを少なくすることができるとともに、注入電流に対するレーザ光の出力パワーを増大させることができ、サーミスタ 6 4、ペルチェ素子 1 2 0 および温度制御部 2 0 2 による温度制御を迅速かつ正確に行なうことができる。

## 【 0 0 9 8 】

また、ペルチェ素子 1 2 0、ベース 1 1 0、キャリア 6 1、サブマウント 6 2、半導体レーザ素子 6 3 に至る経路において、サブマウント 6 2 が高熱伝導率のダイヤモンドで形成されているので、ペルチェ素子 1 2 0 による温度調節もまた迅速かつ正確に行なうことができる。

## 【 0 0 9 9 】

## (実施の形態 4)

つぎに、実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールについて説明する。実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールは、実施の形態 1 ～ 3 にかかる半導体レーザ装置を、種々の光学部品とともにパッケージに封入した形態であり、半導体レーザ装置で生成されたレーザ光を光ファイバに容易に入射させることを目的としてモジュール化されたものである。

## 【 0 1 0 0 】

図 1 7 は、実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールの構成を示す縦断面図である。図 1 7 において、半導体レーザモジュール 8 0 は、セラミックなどによって形成されたパッケージ 8 1 の内部底面上に、上記したペルチェ素子 1 2 0 が配置される。ペルチェ素子 1 2 0 上には上記したベース 1 1 0 が配置され、このベース 1 1 0 上に、半導体レーザ装置 9 0 が配置される。ここで、半導体レーザ装置 9 0 は、実施の形態 1 ～ 3 で示したキャリアと、そのキャリア上に設けら

れるダイヤモンド製のサブマウントや半導体レーザ素子等とからなる構成に相当する。

#### 【0101】

なお、ペルチェ素子120、ベース110および半導体レーザ装置90からなる構成において、図示しない温度制御部等の制御部による温度制御については、実施の形態1において説明したとおりであるので、ここではその説明を省略する。

#### 【0102】

図17において、ベース110上には、半導体レーザ装置90以外にも、光モニタ83、第1レンズ84およびアイソレータ85が配置される。また、半導体レーザモジュール80において、光ファイバ82が装填される部分の内側に第2レンズ86が配置される。

#### 【0103】

半導体レーザ装置90から出射されたレーザ光は、第1レンズ84、アイソレータ85および第2レンズ86を介し、光ファイバ82内に導波される。第2レンズ86は、レーザ光の光軸上であって、パッケージ81上に設けられ、外部接続される光ファイバ82に光結合される。なお、光モニタ83は、半導体レーザ装置90の反射膜側から漏れた光をモニタ検出する。

#### 【0104】

また、半導体レーザ装置90と光ファイバ82との間のアイソレータ85によって、他の光学部品などによる反射戻り光が共振器内に戻り、迷光となって発振動作や検出動作に悪影響を及ぼしてしまうのを防いでいる。なお、このアイソレータ85は、従来の半導体レーザモジュールで用いられているインライン式のファイバ型のものでなく、半導体レーザモジュール80内に内蔵できる偏波無依存型のものである。特に、従来のファイバグレーティング付半導体レーザ装置では、外部共振器(FBG: Fiber Bragg Grating)からの光を導入し、波長安定化させるという構造上、半導体レーザとファイバ間の光結合系内に、アイソレータを装備できなかった。そのため、FBGからの戻り光やその他の光学部品の反射戻り光により、RINが悪化するという問題があった。それに対して、本実施の

形態にかかる半導体レーザモジュール 8 0 では、回折格子が半導体レーザ素子内に形成されるため、半導体レーザ素子と光ファイバ間の光結合系内に反射戻り光を抑制するアイソレータを装備することができ、相対強度雑音 (R I N) の低減を実現することができる。

## 【 0 1 0 5 】

以上に説明したとおり、実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールによれば、実施の形態 1 ~ 3 で示した半導体レーザ装置をモジュール化しているため、偏波無依存型のアイソレータを用いて戻り光を小さくすることができ、低雑音化および部品点数の減少を促進することができる。

## 【 0 1 0 6 】

なお、上述した実施の形態 4 では、モジュール内にアイソレータ 8 5 を設けた例を示したが、アイソレータは必ずしも必須の構成ではない。

## 【 0 1 0 7 】

また、上述した実施の形態 1 ~ 4 では、半導体レーザ素子 5 3 の発振波長  $\lambda_0$  を 1 4 8 0 n m とした場合を例に挙げたが、例えば 9 8 0 n m 等のその他の発振波長の半導体レーザ素子を設ける場合にも本発明を適用することができることは言うまでもない。

## 【 0 1 0 8 】

また、上述した実施の形態 1 ~ 4 では、少なくとも半導体レーザ素子 5 3 の直下に配置するサブマウントをダイヤモンドで形成するとしたが、実際に用いる多結晶ダイヤモンドは、高熱伝導率 1 0 0 0 ~ 1 3 0 0 W / ( m · K ) 程度のものが好ましく、またダイヤモンド以外でも、A l N よりも高い熱導電率を有した材料 ( 5 0 0 W / ( m · K ) 以上 ) 、例えば高熱伝導率 6 0 0 W / ( m · K ) 以上の B N を用いたとしても上記した効果を享受することができる。なお、単結晶ダイヤモンドの高熱伝導率は 2 0 0 0 W / ( m · K ) であり、上記サブマウントとして単結晶ダイヤモンドを用いることはより好ましい。

## 【 0 1 0 9 】

## 【発明の効果】

以上に説明したように本発明にかかる半導体レーザ装置によれば、誘導ブリル



アン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置において、その半導体レーザ素子とキャリアとの間に配置するサブマウントをダイヤモンド等の高熱伝導率の材料で形成したので、従来のようにAlNで形成されたサブマウントを用いた場合よりも、半導体レーザ素子に出入りする熱を効率良く伝達させて放熱等を効率良く行なうことができ、結果的に、熱によって生じる回折格子での選択波長のずれを少なくすることができ、注入電流に対するレーザ光の出力パワーを増大させることができるという効果を奏する。

## 【0110】

また、本発明にかかる半導体レーザ装置によれば、半導体レーザ素子とキャリアとの間に配置するサブマウントを高熱伝導率のダイヤモンドで形成したので、上記した効果を享受することができるとともに、サーミスタをサブマウントの介在なしでキャリア上に設けたので、半導体レーザ素子からサーミスタに至る伝熱距離が短くなり、温度制御を迅速かつ正確に行なうことができるという効果を奏する。

## 【0111】

また、本発明にかかる半導体レーザ装置によれば、半導体レーザ素子とキャリアとの間と、サーミスタとキャリアとの間とに配置するサブマウントをともに共通の高熱伝導率のダイヤモンドで形成するので、半導体レーザ素子からサーミスタに至る伝熱距離をより一層短くすることができ、結果的に、半導体レーザ素子で発生した熱を効率良く放散することが可能となり、温度制御を迅速かつ正確に行なうことができるという効果を奏する。

## 【0112】

また、本発明にかかる半導体レーザモジュールによれば、上記した半導体レーザ装置をモジュール化しているため、偏波無依存型のアイソレータを用いて戻り光を小さくすることができ、低雑音化および部品点数の減少を促進することができるという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備する半導体レーザ素子の概要構成を示す斜めからみた破断図である。

【図 2】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備する半導体レーザ素子の長手方向の縦断面図である。

【図 3】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備する半導体レーザ素子の A - A 線断面図である。

【図 4】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備する半導体レーザ素子の回折格子による選択波長特性を説明するためのグラフである。

【図 5】

単一縦モードのレーザ光と複数の発振縦モードのレーザ光の各プロファイルを説明するための説明図である。

【図 6】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の正面図およびその制御システム例を示す図である。

【図 7】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備するダイヤモンド製のサブマウンツのサイズと熱抵抗との関係を表した計算データを示す図である。

【図 8】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置が具備するダイヤモンド製のサブマウンツの最適なサイズを説明するための斜視図である。

【図 9】

サブマウントとして AlN を用いた場合とダイヤモンドを用いた場合の注入電流と発振波長の関係を表した実験データを示す図である。

【図 10】

サブマウントとして AlN を用いた場合とダイヤモンドを用いた場合の注入電流とレーザ光の出力パワーの関係を表した実験データを示す図である。

【図 1 1】

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構成を示す図である。

【図 1 2】

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の右側面図および平面図である。

【図 1 3】

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の他の例の構成を示す図である。

【図 1 4】

実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置の他の例の右側面図および平面図である。

【図 1 5】

実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置の構成を示す図である。

【図 1 6】

実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置の右側面図および平面図である。

【図 1 7】

実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールの構成を示す縦断面図である。

【図 1 8】

従来の半導体レーザ装置の概要構成を示す正面図である。

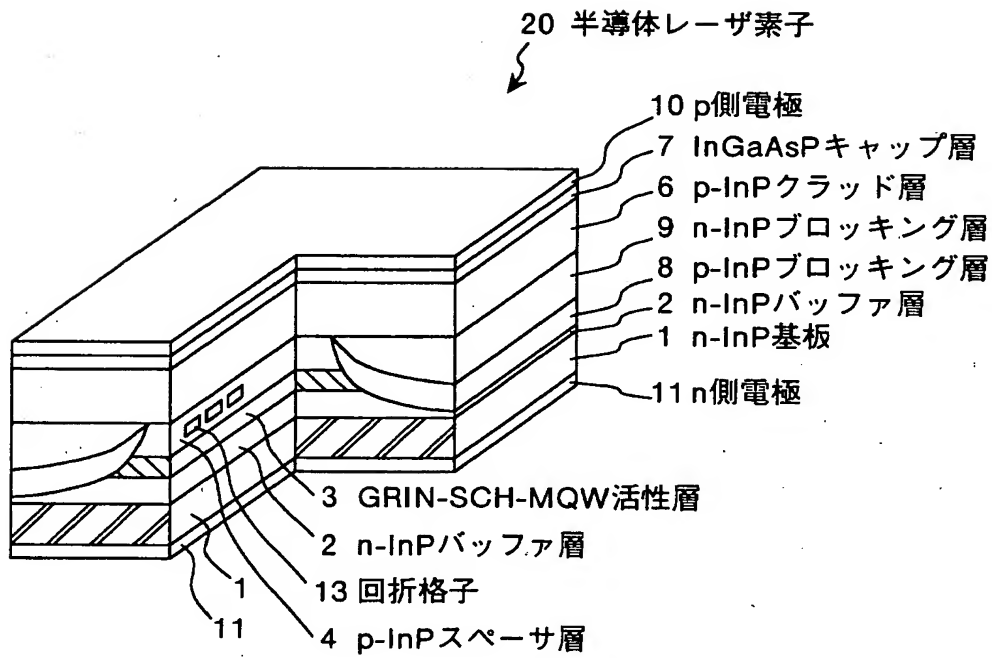
【符号の説明】

- 1    n - I n P 基板
- 2    n - I n P バッファ層
- 3    G R I N - S C H - M Q W 活性層
- 4    p - I n P スペーサ層
- 6    p - I n P クラッド層
- 7    I n G a A s P キャップ層
- 8    p - I n P ブロッキング層
- 9    n - I n P ブロッキング層
- 10   p 側電極
- 11   n 側電極
- 13   回折格子

- 14 反射膜
- 15 出射側反射膜
- 20, 53, 63, 103 半導体レーザ素子
- 40, 50, 50', 60, 90 半導体レーザ装置
- 41, 51, 61, 101 キャリア
- 42, 44, 52, 62, 102, 104 サブマウント
- 42a, 44a, 52a, 52b, 52c, 52d, 52e, 52f, 62a, 62b, 62c, 62d, 72, 72a, 72b, 102a, 102b, 104b, 104a 金属薄膜
- 45, 54, 64, 105 サーミスタ
- 53a 端面
- 55, 56, 57, 65, 67, 75, 76, 106a, 106b ワイヤ
- 80 半導体レーザモジュール
- 81 パッケージ
- 82 光ファイバ
- 83 光モニタ
- 84 第1レンズ
- 85 アイソレータ
- 86 第2レンズ
- 110 ベース
- 120 ペルチェ素子
- 200 可変電源
- 201 電流検出器
- 202 温度制御部
- 203 記憶部

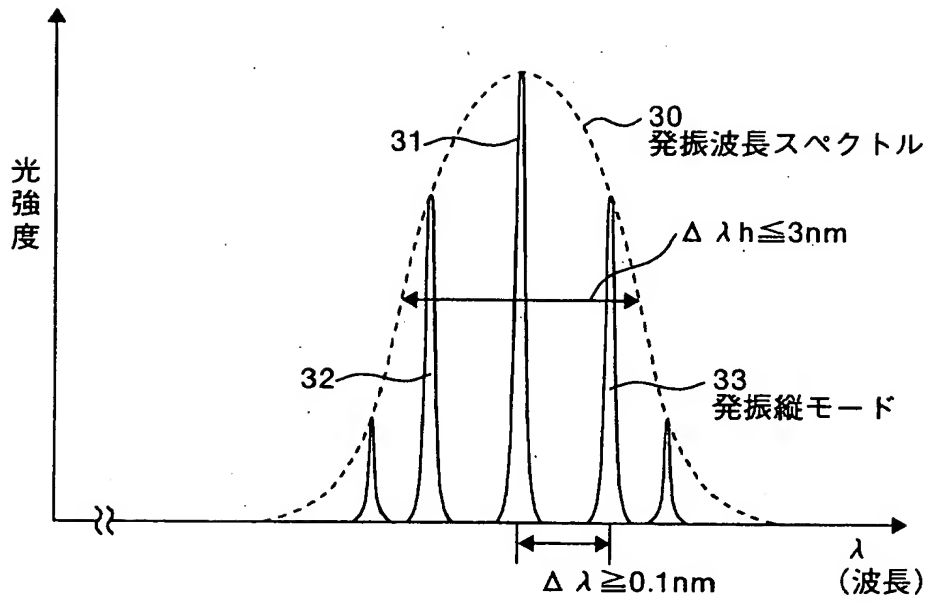
【書類名】 図面

【図1】

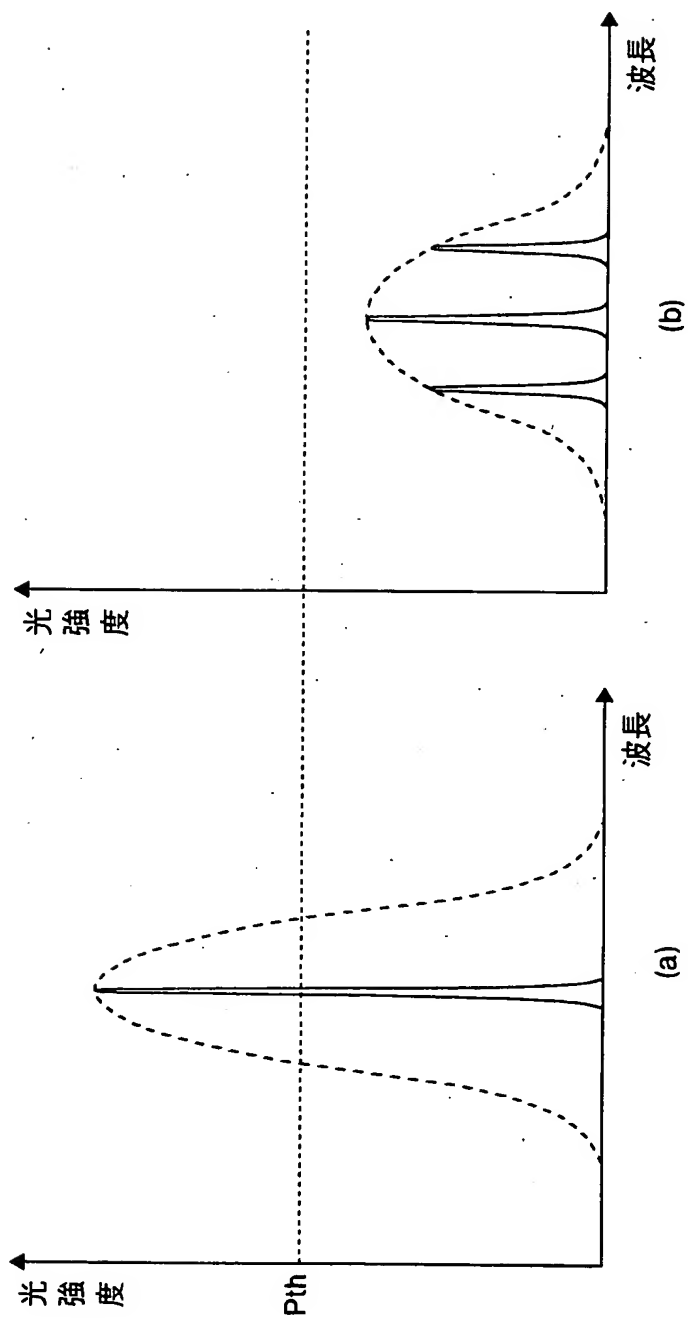




【図 4】

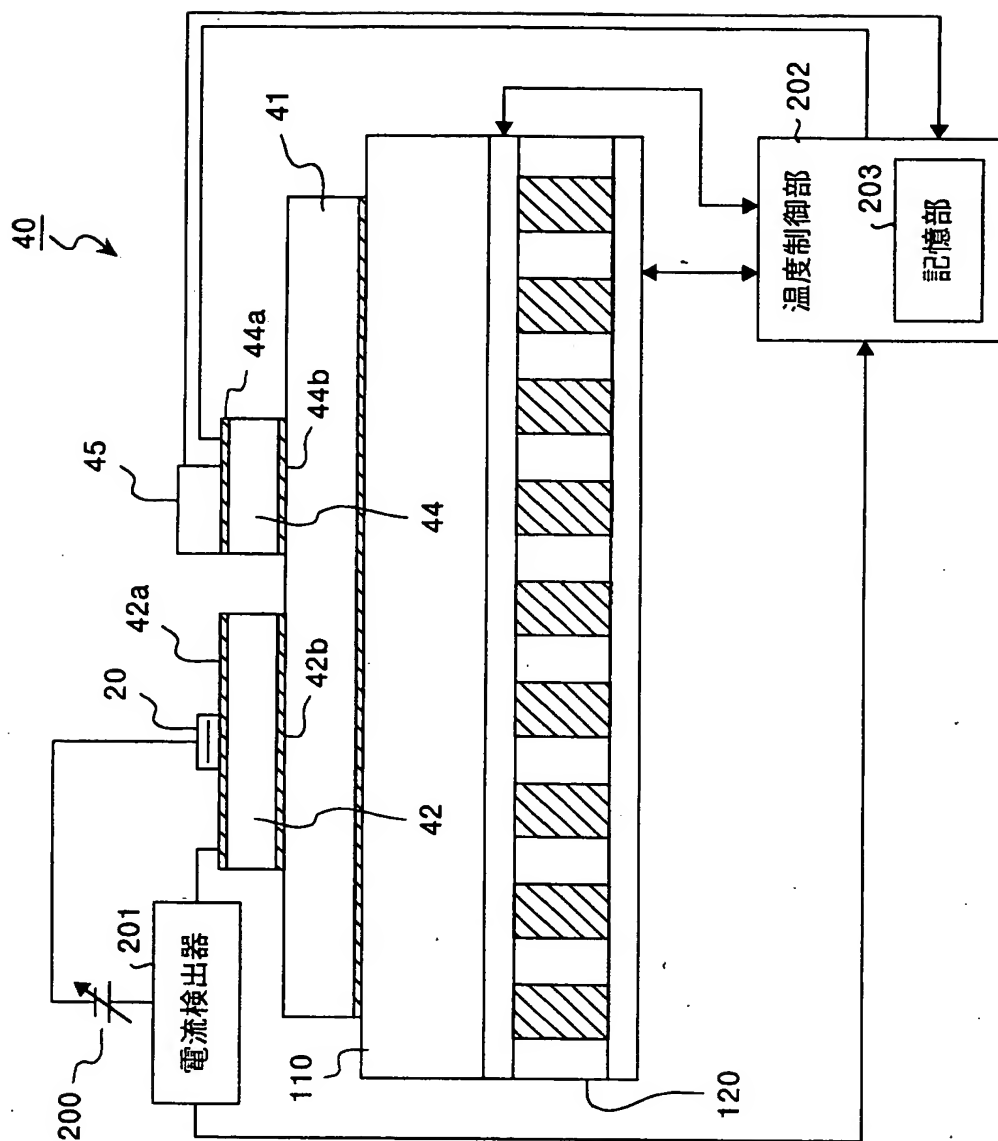


【図 5】

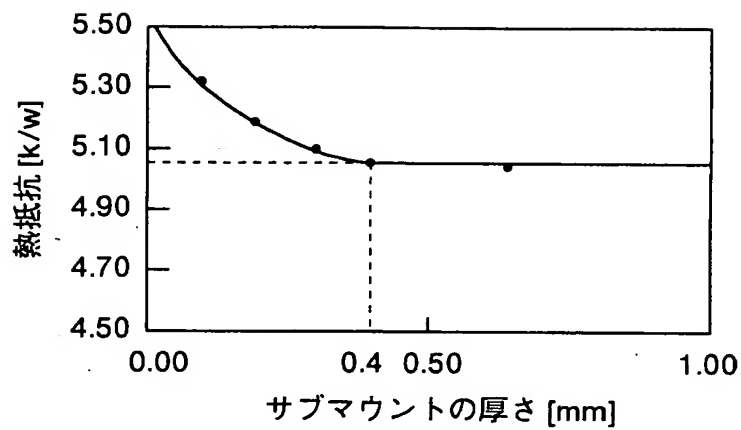




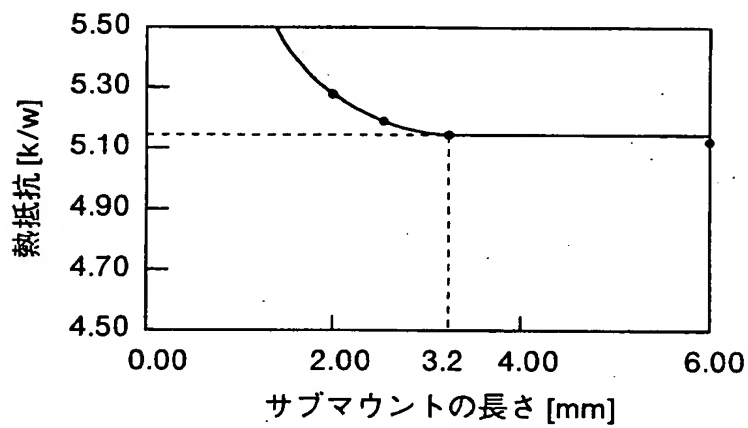
【図 6】



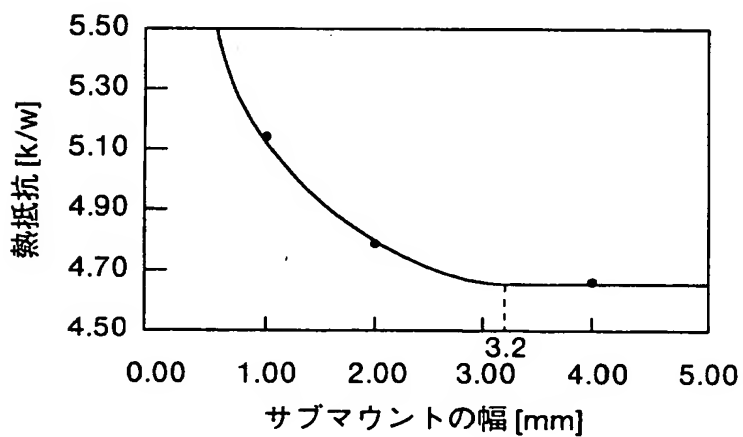
【図 7】



(a)

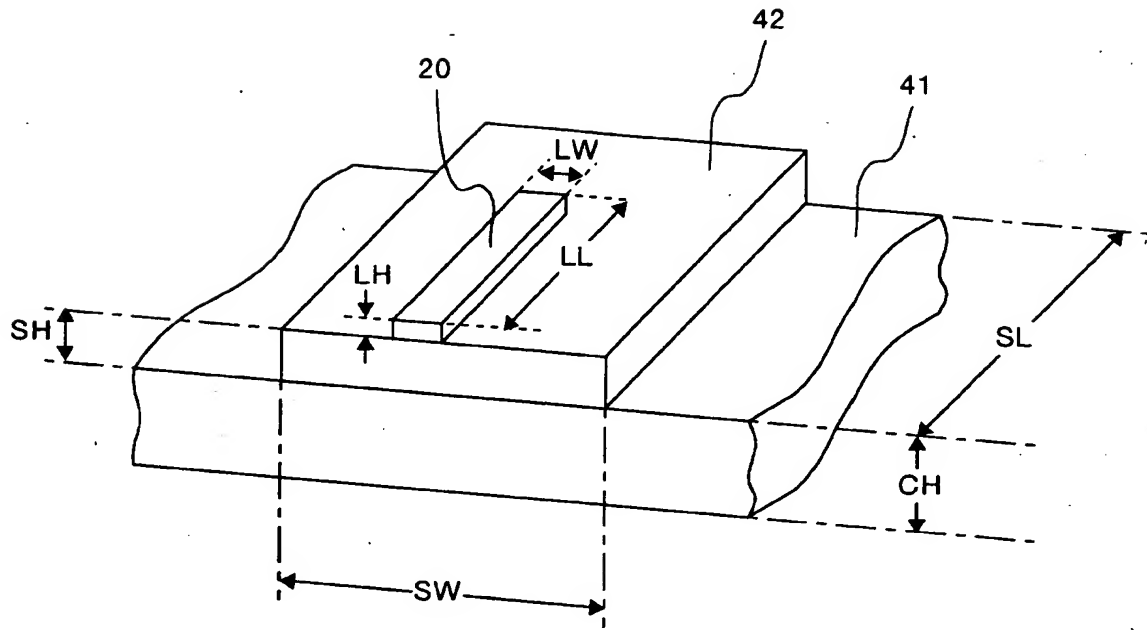


(b)

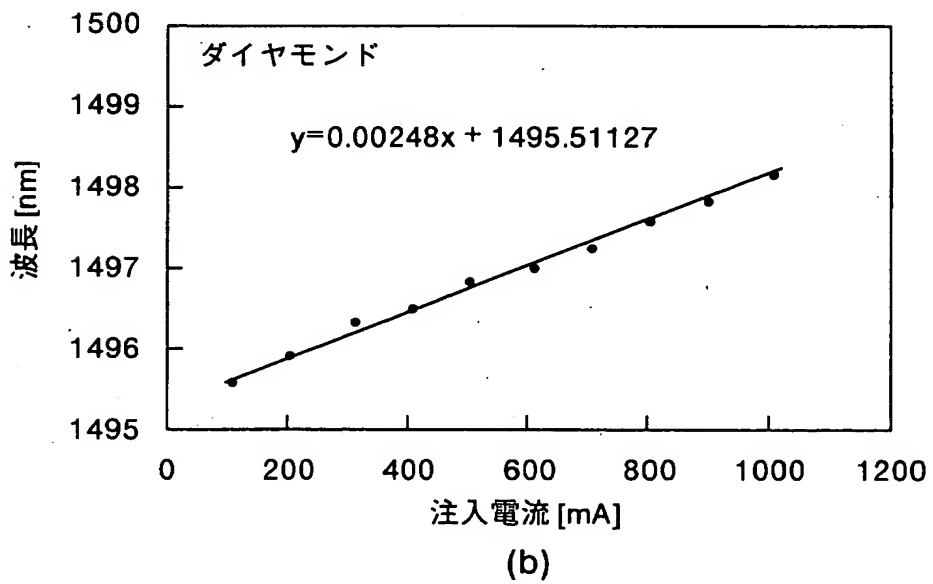
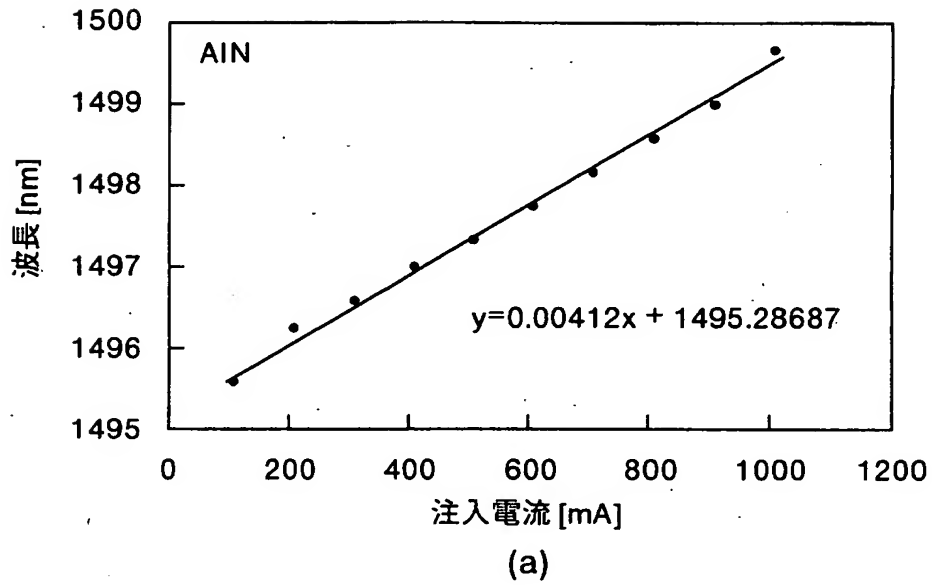


(c)

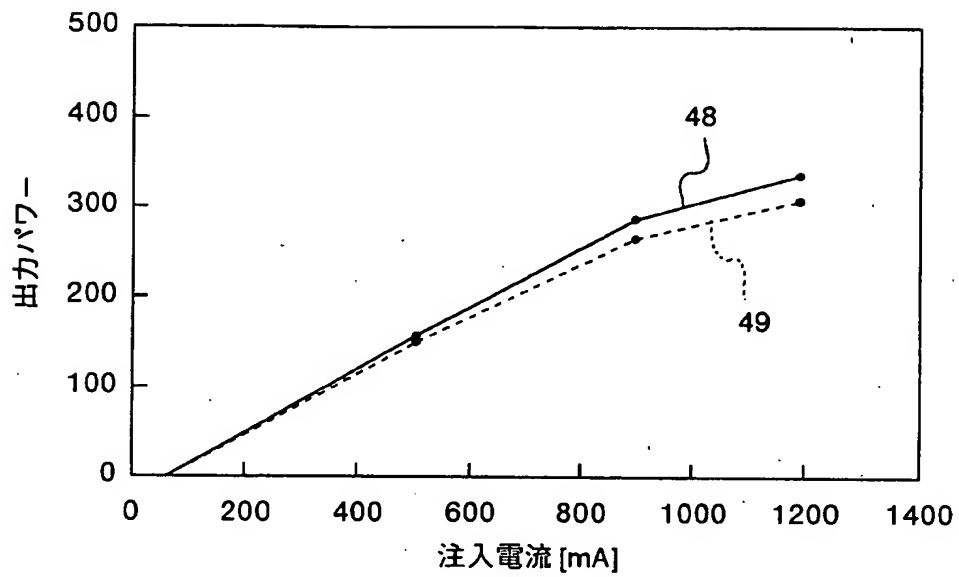
【図 8】



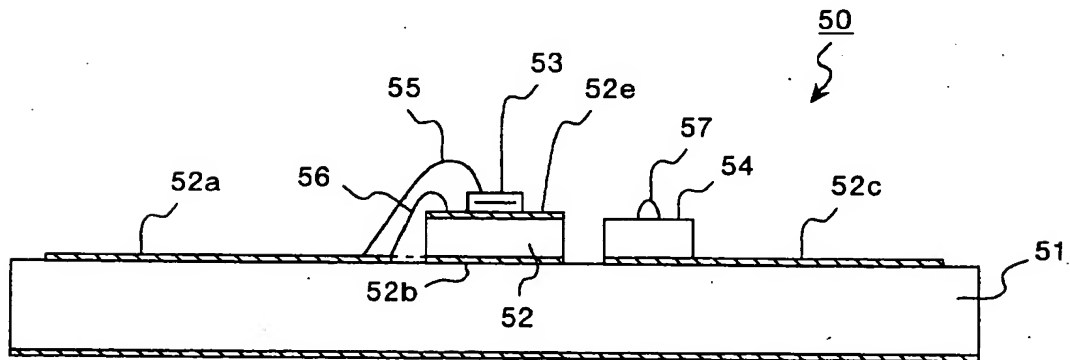
【図 9】



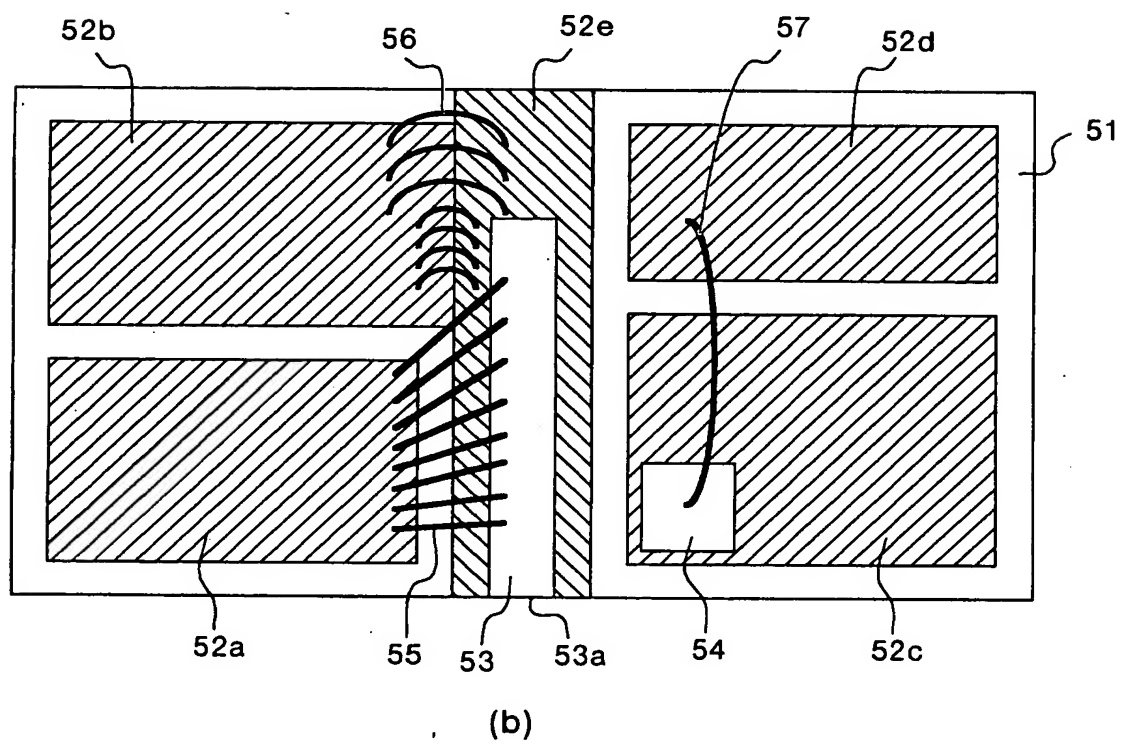
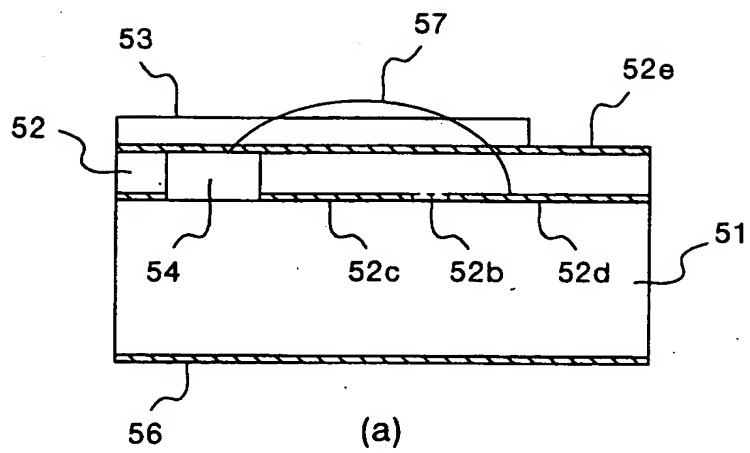
【図10】



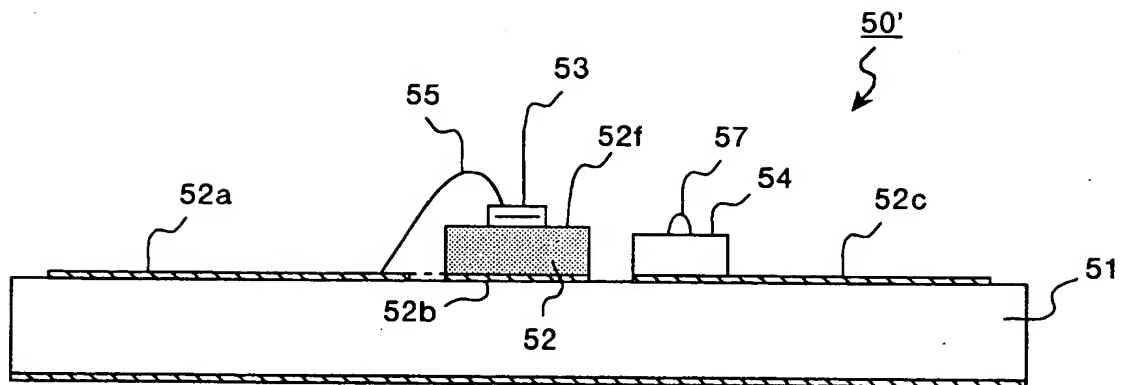
【図11】



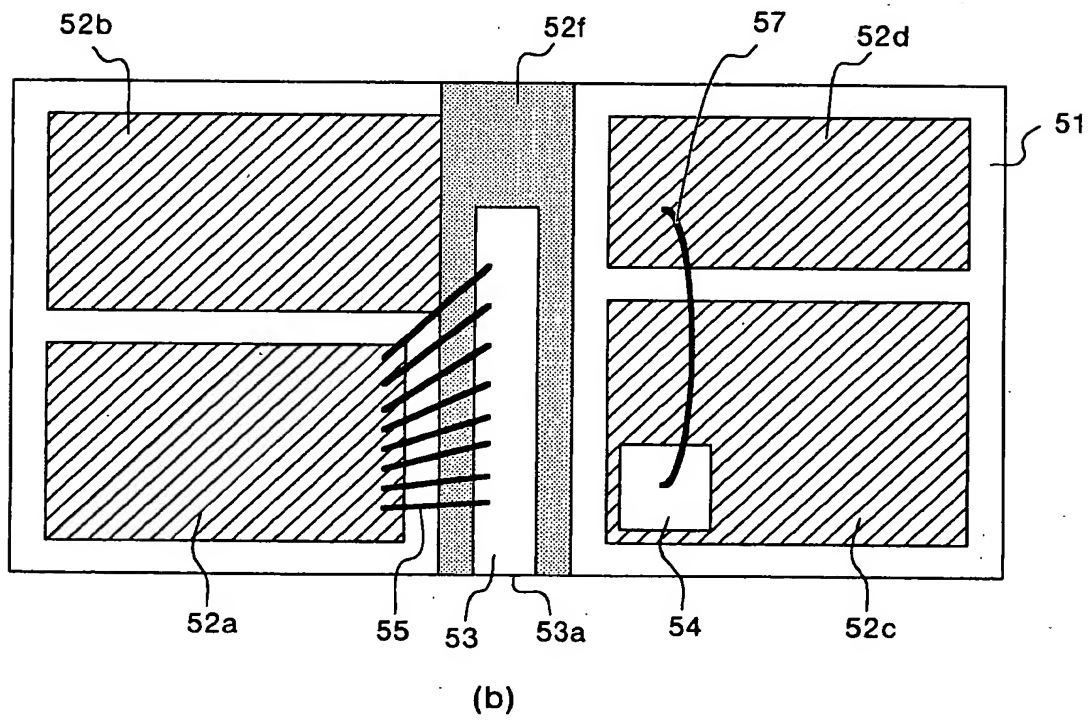
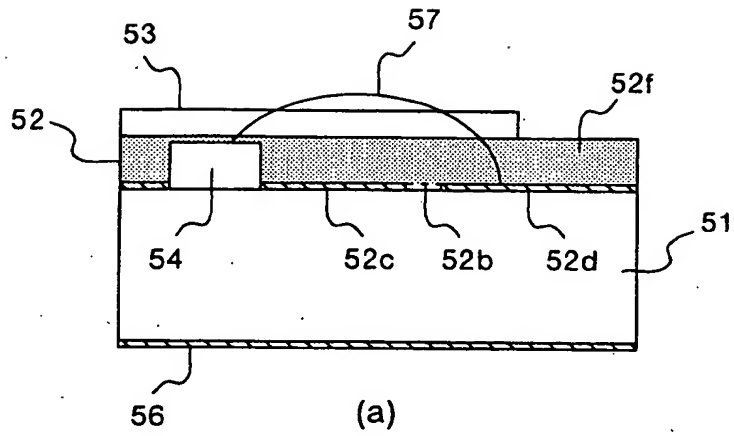
【図 12】



【図 13】

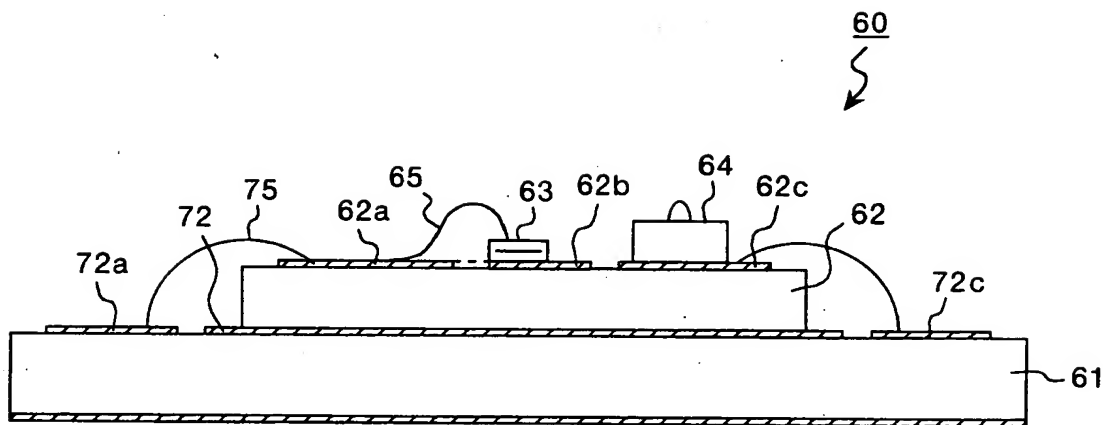


【図 14】

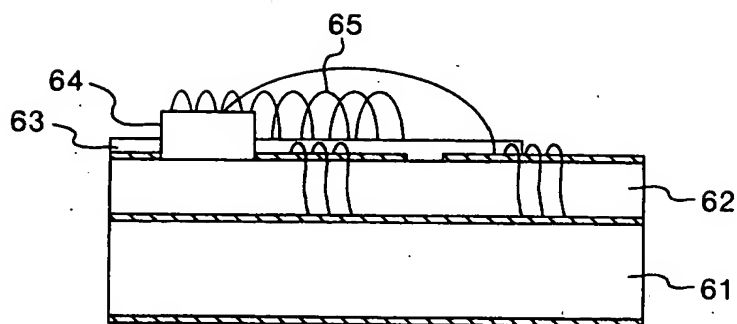




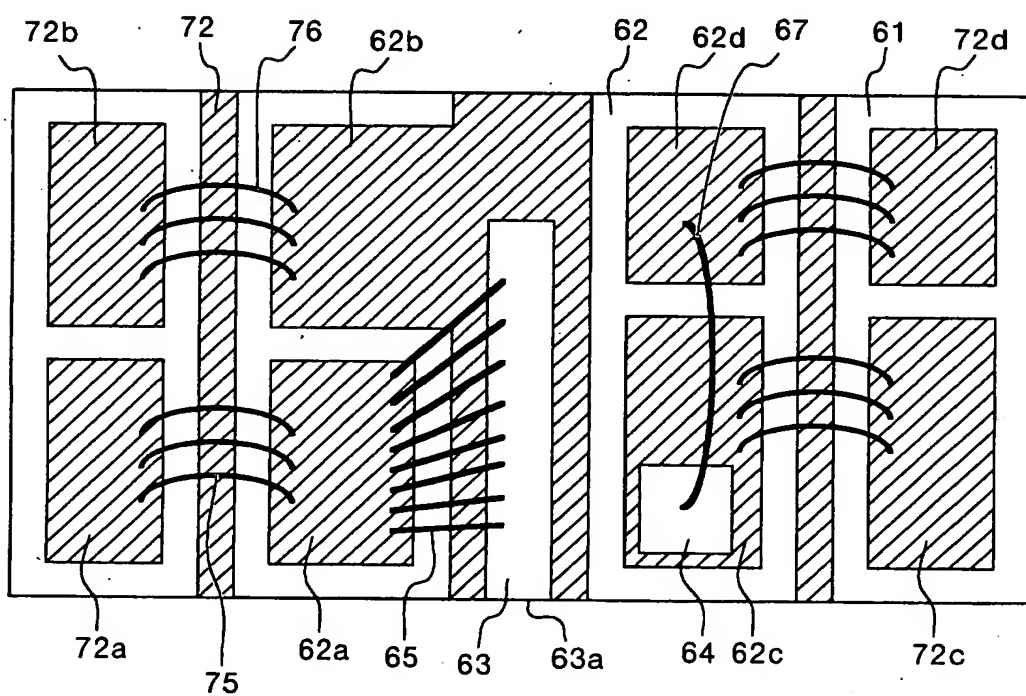
【図 15】



【図 16】

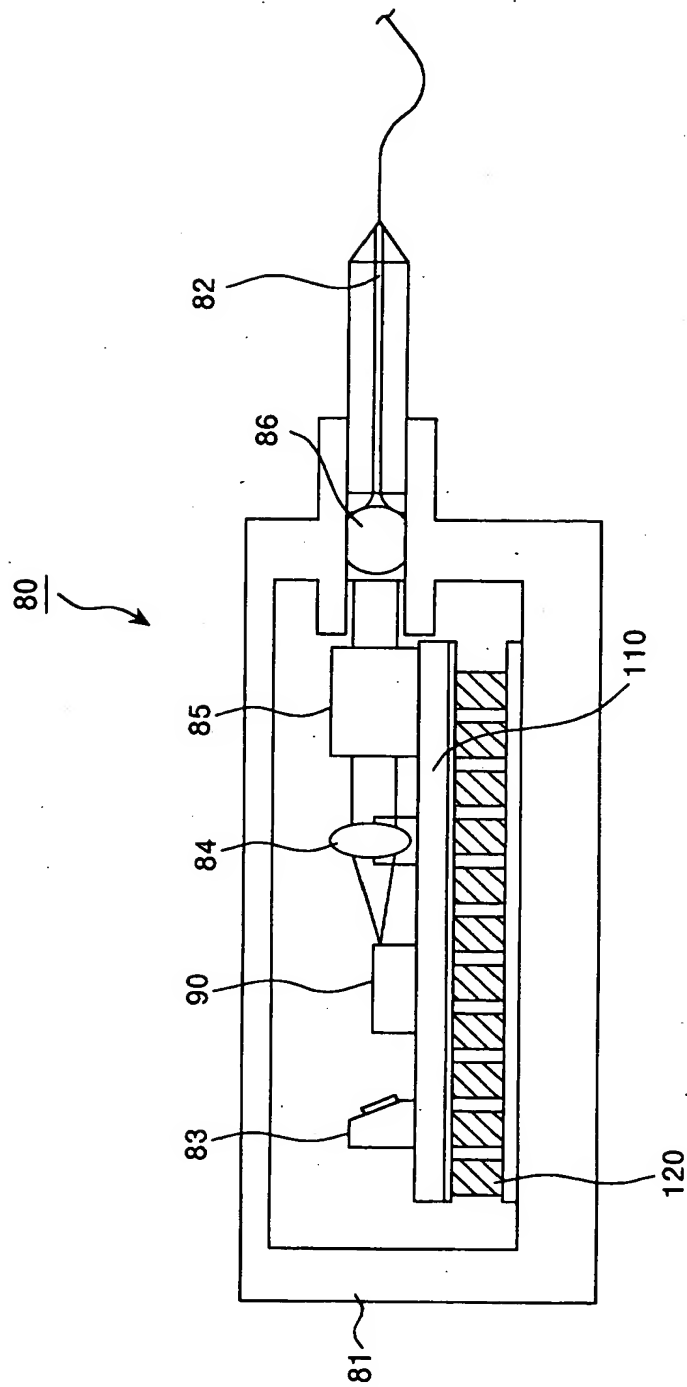


(a)

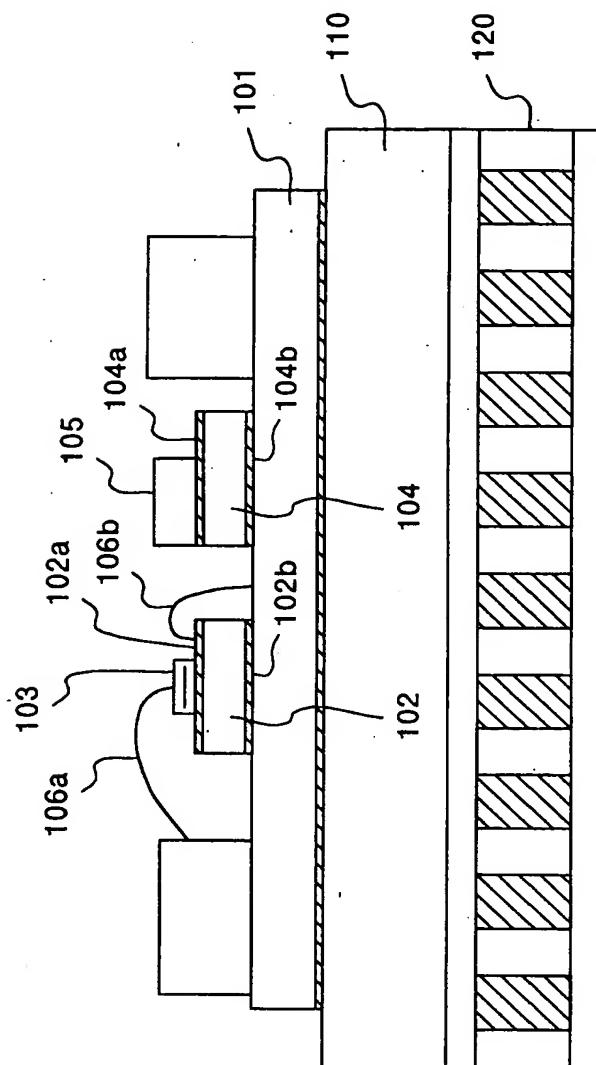


(b)

【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精確かつ迅速に半導体レーザ素子の温度制御を行なう半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールを提供する。

【解決手段】 誘導ブリルアン散乱が発生する閾値以下の複数の発振縦モードのレーザ光を出力する半導体レーザ素子 2 0 を備えた半導体レーザ装置 4 0 において、半導体レーザ素子 2 0 とキャリア 4 1 との間に配置するサブマウント 4 2 を高熱伝導率のダイヤモンドで形成する。これによって、従来のように A 1 N で形成されたサブマウントを用いた場合よりも、半導体レーザ素子 2 0 に出入りする熱を効率良く伝達することができ、結果的に、半導体レーザ素子の温度制御を精確かつ迅速に行なうことができる。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005290]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号  
氏 名 古河電気工業株式会社